

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

17814193

Basic Patent (No,Kind,Date): CA 2435852 AA 20020523 <No. of Patents: 008>

**A METHOD FOR PLASMA TREATMENT UNDER THE ATMOSPHERIC  
PRESSURE AND AN EQUIPMENT THEREFOR PROCEDE DE TRAITEMENT AU  
PLASMA SOUS PRESSION ATMOSPHERIQUE ET EQUIPEMENT CONNEXE**

(English; French)

Patent Assignee: SEKISUI CHEMICAL CO LTD (JP)

Author (Inventor): YUASA MOTOKAZU (JP); KOZUMA MAKOTO (JP); YARA TAKUYA  
(JP); HOMMA KOJI (JP)

IPC: \*C23C-016/54; H01L-021/205; H01L-021/302; H01L-021/31

Language of Document: English

Patent Family:

| Patent No      | Kind | Date     | Applic No     | Kind | Date     |         |
|----------------|------|----------|---------------|------|----------|---------|
| CA 2435852     | AA   | 20020523 | CA 2435852    | A    | 20011114 | (BASIC) |
| CN 1474882     | T    | 20040211 | CN 2001818852 | A    | 20011114 |         |
| EP 1340838     | A1   | 20030903 | EP 2001996640 | A    | 20011114 |         |
| JP 2002151478  | A2   | 20020524 | JP 2000346861 | A    | 20001114 |         |
| JP 2002151494  | A2   | 20020524 | JP 2000346859 | A    | 20001114 |         |
| US 20040050685 | AA   | 20040318 | US 416154     | A    | 20031023 |         |
| WO 200240742   | A1   | 20020523 | WO 2001JP9941 | A    | 20011114 |         |
| TW 531801      | B    | 20030511 | TW 90128225   | A    | 20011114 |         |

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 2000346859 A 20001114

JP 2000346861 A 20001114

WO 2001JP9941 W 20011114

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

07283009      \*\*Image available\*\*

**METHOD AND APPARATUS FOR DRY ETCHING**

**PUB. NO.:**      **2002-151478** [JP 2002151478 A]

**PUBLISHED:**      May 24, 2002 (20020524)

**INVENTOR(s):**   YARA TAKUYA

YUASA MOTOKAZU

HONMA KOJI

**APPLICANT(s):** SEKISUI CHEM CO LTD

CHEMITRONICS CO LTD

**APPL. NO.:**      2000-346861 [JP 2000346861]

**FILED:**          November 14, 2000 (20001114)

**INTL CLASS:**    H01L-021/3065; H05H-001/24

**ABSTRACT**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method and an apparatus for dry etching even a large area wafer or substrate through a convenient arrangement under conditions of atmospheric pressure in the etching step of a semiconductor production process.

**SOLUTION:** In the method and system of dry etching in a semiconductor production process, a solid state dielectric is disposed on at least one of the opposite faces of a pair of opposite electrodes under a pressure being close to the atmospheric pressure and a plasma, obtained by introducing a processing gas between the pair of opposite electrodes and applying a pulsating electric field thereto, is brought into contact with a basic material and used gas is discharged from the vicinity of contact part between the plasma and the basic material.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-151478

(P 2 0 0 2 - 1 5 1 4 7 8 A)

(43) 公開日 平成14年5月24日(2002.5.24)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H01L 21/3065

H05H 1/24

5F004

H05H 1/24

H01L 21/302

B

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全10頁)

(21) 出願番号 特願2000-346861(P 2000-346861)

(22) 出願日 平成12年11月14日(2000.11.14)

(71) 出願人 000002174

積水化学工業株式会社

大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号

(71) 出願人 597125863

株式会社ケミトロニクス

東京都東大和市立野2-703

(72) 発明者 屋良 卓也

大阪府三島郡島本町百山2-1 積水化学  
工業株式会社内

(74) 代理人 100106596

弁理士 河備 健二

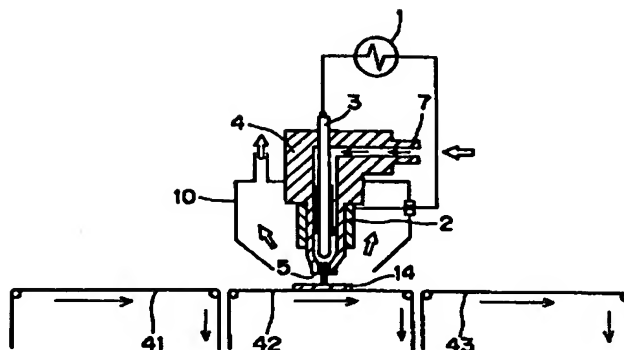
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライエッチング方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体製造工程におけるエッチング工程において、大気圧条件下で処理でき、大面積ウェーハや基板に対応でき、簡便な装置でドライエッチングをする方法及びその装置の提供。

【解決手段】 半導体素子の製造におけるエッチング法において、大気圧近傍の圧力下、対向する一対の電極の少なくとも一方の対向面に固体誘電体を設置し、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入してパルス状の電界を印加することにより得られるプラズマを基材に接触させ、かつ、該プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気することを特徴とするドライエッチング方法及び装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体素子の製造におけるエッチング法において、大気圧近傍の圧力下、対向する一対の電極の少なくとも一方の対向面に固体誘電体を設置し、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入してパルス状の電界を印加することにより得られるプラズマを基材に接触させ、かつ、該プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気することを特徴とするドライエッチング方法。

【請求項 2】 プラズマを基材に接触させる際に、該プラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれていることを特徴とする請求項 1 に記載のドライエッチング方法。

【請求項 3】 プラズマと基材との接触部の周囲にガス排気機構を有し、その周囲にガスカーテン機構を有することにより、プラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のドライエッチング方法。

【請求項 4】 窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上で満たされた容器中で処理を行うことによりプラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のドライエッチング方法。

【請求項 5】 前記処理ガスが、ハロゲン系ガスを含むガスであることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載のドライエッチング方法。

【請求項 6】 パルス状の電界が、パルス立ち上がり及び／又は立ち下がり時間が  $100\mu s$  以下、電界強度が  $0.5\sim 250kV/cm$  であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載のドライエッチング方法。

【請求項 7】 パルス状の電界が、周波数が  $0.5\sim 100kHz$ 、パルス継続時間が  $1\sim 1000\mu s$  であることを特徴とする請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載のドライエッチング方法。

【請求項 8】 半導体素子におけるドライエッチング装置において、少なくとも一方の対向面に固体誘電体が設置された一対の対向電極と、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入する機構、該電極間にパルス状の電界を印加する機構、該パルス電界により得られるプラズマを基材に接触させる機構、及び該プラズマと基材との接触部近傍に設けられる排気機構を備えてなることを特徴とするドライエッチング装置。

【請求項 9】 プラズマと基材との接触部近傍を窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保つ機構を備えて

なることを特徴とする請求項 8 に記載のドライエッチング装置。

【請求項 10】 プラズマと基材との接触部の周囲にガス排気機構を有し、その周囲にガスカーテン機構を配置することにより、プラズマと基材との接触部近傍を窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保つ機構であることを特徴とする請求項 9 に記載のドライエッチング装置。

10 【請求項 11】 窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上を満たした容器中に、少なくとも一方の対向面に固体誘電体が設置された一対の対向電極と、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入する機構と、該電極間にパルス状の電界を印加する機構と、該パルス状の電界により得られるプラズマを基材に接触させる機構及び該プラズマと基材との接触部近傍に設けられる排気機構とを配置すること

20 特徴とする請求項 9 に記載のドライエッチング装置。

【請求項 12】 予備放電後にガス吹き出しノズルを基材表面上に移動させるノズル体待機機構を有することを特徴とする請求項 8～11 に記載のドライエッチング装置。

【請求項 13】 請求項 8～12 のいずれか 1 項に記載の装置と基材搬送機構とを具備してなるドライエッチング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造工程におけるエッチング工程において、大気圧近傍でのパルス電界を利用した放電プラズマにより基材にドライエッチングを行う方法及びその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】通常、半導体素子の一般的構成としては、基板上に、ゲート電極、ゲート絶縁膜、シリコン膜、ソース絶縁体、ドレイン絶縁膜、ソース電極、ドレイン電極、パシベーション膜（保護膜）等からなっている。ここで、基材としては、ガラス基板又はウェーハ基板等からなり、電極としては、Al、Cu等の金属又は金属化合物等からなり、パシベーション膜を含む層間絶縁体としては、酸化珪素、窒化珪素、炭化珪素等からなり、シリコン層としては、Si単結晶層、a-Si層及びa-SiにP、B、As、Ge等をドーピングした材料等からなっている。

40 【0003】半導体素子は、これらの上記材料を要求機能に応じて組み合わせ、基材等の洗浄後、その上に電極、絶縁膜、シリコン層等の薄膜を形成し、さらにドーピング、アニール、レジスト処理（例えば、塗布、現像、ベーキング、レジスト剥離等）を行い、続いて露光・現像、エッチング等を繰り返す複雑な工程により製造されている。これらの製造工程においては、絶縁膜の形

成、保護膜の形成、電極の形成、シリコン層の形成等の薄膜形成が重要であり、その形成方法として、主にプラズマ処理方法が用いられている。

【0004】半導体製造工程におけるプラズマを用いたドライエッチング法は、 $CF_4$ 等の化学的に安定で安全なガスを用いてプラズマを作り、フッ素イオン、フッ素ラジカル等の励起活性種を生成し、これをシリコン等の被処理物と反応させて揮発性のガス（シリコンの場合、 $SiF_4$ ）を生成し、蒸発・排気させてエッチングを行っている。また、工程で不用になったレジストの剥離などのいわゆるアッシング（灰化）や、ボンディング直前の電極表面の有機物の清浄化においては、酸素プラズマを使った有機物の分解、あるいはアルゴンプラズマ等の希ガスによる高密度プラズマによる剥離などの手段が用いられている。

【0005】従来のプラズマ発生法は、真空中でプラズマを形成するため、真空装置が必須となり、それに伴い被処理体を処理空間へ移送する手法が複雑化し、プラズマ処理装置が大型、高価となる。そのため、単位時間で処理可能な数量が制限され、生産性が低く、処理コストが高価になるという課題があった。

【0006】これを解決する手段としては、ヘリウムを用いた大気圧プラズマを用いたドライエッチング等も従来行われてきた。ところが、ヘリウムガスは自然界での存在量が極めて少なく高価である。また、安定的な放電を行える範囲も狭い。特開平11-16696号公報では予備放電を用いてヘリウム存在下で処理を行う手法が提案されているが、装置や操作方法が複雑であるという課題があった。

【0007】また、エッチングされた基材表面上に、エッチング後の有機物が再付着したりして処理面を汚す等の問題もあった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記に鑑み、半導体製造工程におけるエッチング工程において、大気圧条件下でドライ雰囲気中で処理でき、大面積ウェーハや基板に対応でき、簡便な装置を用いて、ドライエッチングをすることができる方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者は、上記課題を解決すべく鋭意研究した結果、大気圧条件下で安定した放電状態を実現させることができる放電プラズマ処理によるドライエッチング方法と処理後の排ガスを排気する機構を組み合わせることで、より効率的にドライエッチングを行うことができることを見出し、本発明を完成させた。

【0010】すなわち、本発明の第1の発明は、半導体素子の製造におけるエッチング法において、大気圧近傍の圧力下、対向する一対の電極の少なくとも一方の対向

面に固体誘電体を設置し、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入してパルス状の電界を印加することにより得られるプラズマを基材に接触させ、かつ、該プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気することを特徴とするドライエッチング方法である。

【0011】また、本発明の第2の発明は、プラズマを基材に接触させる際に、該プラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれていることを特徴とする第1の発明に記載のドライエッチング方法である。

【0012】また、本発明の第3の発明は、プラズマと基材との接触部の周囲にガス排気機構を有し、その周囲にガスカーテン機構を有することにより、プラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれることを特徴とする第1又は2の発明に記載のドライエッチング方法である。

【0013】また、本発明の第4の発明は、窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上で満たされた容器中で処理を行うことによりプラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気中に保たれることを特徴とする第1又は2の発明に記載のドライエッチング方法である。

【0014】また、本発明の第5の発明は、前記処理ガスが、ハロゲン系ガスを含むガスであることを特徴とする第1～4のいずれかの発明に記載のドライエッチング方法である。

【0015】また、本発明の第6の発明は、パルス状の電界が、パルス立ち上がり及び／又は立ち下がり時間が $100\mu s$ 以下、電界強度が $0.5\sim 250kV/cm$ であることを特徴とする第1～5のいずれかの発明に記載のドライエッチング方法である。

【0016】また、本発明の第7の発明は、パルス状の電界が、周波数が $0.5\sim 100kHz$ 、パルス継続時間が $1\sim 1000\mu s$ であることを特徴とする第1～6のいずれかの発明に記載のドライエッチング方法である。

【0017】また、本発明の第8の発明は、半導体素子におけるドライエッチング装置において、少なくとも一方の対向面に固体誘電体が設置された一対の対向電極と、当該一対の対向電極間に処理ガスを導入する機構、該電極間にパルス状の電界を印加する機構、該パルス電界により得られるプラズマを基材に接触させる機構、及び該プラズマと基材との接触部近傍に設けられる排気機構を備えてなることを特徴とするドライエッチング装置である。

【0018】また、本発明の第9の発明は、プラズマと

基材との接触部近傍を窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気を保つ機構を備えてなることを特徴とする第8の発明に記載のドライエッチング装置である。

【0019】また、本発明の第10の発明は、プラズマと基材との接触部の周囲にガス排気機構を有し、その周囲にガスカーテン機構を配置することにより、プラズマと基材との接触部近傍を窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上の雰囲気を保つ機構であることを特徴とする第9の発明に記載のドライエッチング装置である。

【0020】また、本発明の第11の発明は、窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上を満たした容器中に、少なくとも一方の対向面に固体誘電体が設置された一对の対向電極と、当該一对の対向電極間に処理ガスを導入する機構と、該電極間にパルス状の電界を印加する機構と、該パルス状の電界により得られるプラズマを基材に接触させる機構及び該プラズマと基材との接触部近傍に設けられる排気機構とを配置すること特徴とする第9の発明に記載のドライエッチング装置である。

【0021】また、本発明の第12の発明は、予備放電後にガス吹き出し口ノズルを基材表面上に移動させるノズル体待機機構を有することを特徴とする第8～11の発明に記載のドライエッチング装置である。

【0022】また、本発明の第13の発明は、第8～12のいずれかの発明に記載の装置と基材搬送機構とを具備してなるドライエッチング装置である。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】本発明は、半導体製造工程におけるエッチング工程において、常圧放電プラズマ処理法により半導体ウェーハ、LCD（液晶ディスプレイ）の各種薄膜等をドライエッチングする方法及びその装置であり、大気圧近傍の圧力下、対向する一对の電極の少なくとも一方の対向面に固体誘電体を設置し、当該一对の対向電極間に処理ガスを導入し、当該電極間にパルス状の電界を印加することにより、得られる該ガスのプラズマを基材に接触させ、基材をドライエッチングする方法であって、かつ、該プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気し、さらに好ましくは、該プラズマと基材との接触部近傍が窒素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノンからなる群から選ばれるいずれか一種以上のガス（以下、「不活性ガス」という。）雰囲気下に保たれていることを特徴とする方法及び装置である。以下、本発明を詳細に説明する。

【0024】上記大気圧近傍の圧力下とは、 $1.333 \times 10^4 \sim 10.664 \times 10^4$  Paの圧力下を指す。中でも、圧力調整が容易で、装置が簡便になる  $9.331 \times 10^4 \sim 10.4 \times 10^4$  Paの範囲が好ましい。

【0025】なお、本発明では、プラズマ発生空間中に

存在する気体の種類を問わず安定して放電プラズマ処理を行うことが可能であるため、開放系、あるいは、気体の自由な流失を防ぐ程度の低気密系での処理が可能となる。

【0026】本発明で、ウェーハ等をドライエッチングできる処理ガスとしては、主としてハロゲン系ガスを用い、プラズマ中でハロゲンを分離することのできるものであれば、基本的にはどのようなものであっても良い。

【0027】上記処理ガスとしてのハロゲン系ガスは、具体的には、塩素ガス、臭素ガス、フッ素ガス等があり、ハロゲンと炭素あるいはハロゲンと水素とを含有するハロゲン化合物ガスも含まれる。ハロゲン化合物ガスとしては、例えば、 $CF_4$ 、 $CCl_2F_2$ 、 $SF_6$ 、 $HCl$ 等が挙げられる。また、酸素などの反応性のガスは、ハロゲン系ガスに由来して起こるエッチングに対して直接的あるいは触媒的に働いて効果を高める場合があるので、酸素あるいは空気等の汎用のガスで希釈しても良い。

【0028】本発明では、上記ハロゲン系ガスをそのまま使用して用いてもよいが、経済性及び安全性の観点から、希釈ガスによって希釈し、これを処理ガスとして用いることもできる。希釈ガスとしては、ネオン、アルゴン、キセノン等の希ガス、窒素ガス等が挙げられる。これらは単独でも2種以上を混合して用いてもよい。好ましくは、処理ガス中のハロゲン系ガスの濃度が0.01～10体積％であり、より好ましくは0.1～10体積％である。

【0029】上記電極としては、例えば、銅、アルミニウム等の金属単体、ステンレス、真鍮等の合金、金属間化合物等からなるものが挙げられる。電極の形状としては、特に限定されないが、電界集中によるアーク放電の発生を避けるために、対向電極間の距離が一定となる構造であることが好ましい。この条件を満たす電極構造としては、例えば、平行平板型、円筒対向平板型、球対向平板型、双曲対向平板型、同軸円筒型構造等が挙げられる。

【0030】また、略一定構造以外では、円筒対向円筒型で円筒曲率の大きなものもアーク放電の原因となる電界集中の度合いが小さいので対向電極として用いることができる。曲率は少なくとも半径20mm以上が好ましい。固体誘電体の誘電率にもよるが、それ以下の曲率では、電界集中によるアーク放電が集中しやすい。それぞれの曲率がこれ以上であれば、対向する電極の曲率が異なっても良い。曲率は大きいほど近似的に平板に近づくため、より安定した放電が得られるので、より好ましくは半径40mm以上である。

【0031】さらに、プラズマを発生させる電極は、一对のうち少なくとも一方に固体誘電体が配置されていれば良く、一对の電極は、短絡に至らない適切な距離をあけた状態で対向してもよく、直交してもよい。

【0032】上記固体誘電体は、電極の対向面の一方又は双方に設置される。この際、固体誘電体と設置される側の電極が密着し、かつ、接する電極の対向面を完全に覆うようにすることが好ましい。固体誘電体によって覆われずに電極同士が直接対向する部位があると、そこからアーク放電が生じやすいためである。

【0033】上記固体誘電体の形状は、シート状でもフィルム状でもよく、厚みが0.01~4mmであることが好ましい。厚すぎると放電プラズマを発生するのに高電圧を要することがあり、薄すぎると電圧印加時に絶縁破壊が起こり、アーク放電が発生することがある。また、固体誘電体の形状として、容器型のものも用いることができる。

【0034】固体誘電体の材質としては、例えば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレンテレフタレート等のプラスチック、ガラス、二酸化珪素、酸化アルミニウム、二酸化ジルコニウム、二酸化チタン等の金属酸化物、チタン酸バリウム等の複酸化物、及びこれらの複層化したもの等が挙げられる。

【0035】特に、固体誘電体は、比誘電率が2以上(25℃環境下、以下同じ)であることが好ましい。比誘電率が2以上の誘電体の具体例としては、ポリテトラフルオロエチレン、ガラス、金属酸化物等を挙げることができる。さらに高密度の放電プラズマを安定して発生させるためには、比誘電率が10以上の固定誘電体を用いることが好ましい。比誘電率の上限は特に限定されるものではないが、現実の材料では18,500程度のものが知られている。比誘電率が10以上の固体誘電体としては、例えば、酸化チタニウム5~50重量%、酸化アルミニウム50~95重量%で混合された金属酸化物皮膜、または、酸化ジルコニウムを含有する金属酸化物皮膜からなり、その被膜の厚みが10~1000 $\mu\text{m}$ であるものを用いることが好ましい。

【0036】上記電極間の距離は、固体誘電体の厚さ、印加電圧の大きさ、プラズマを利用する目的等を考慮して適宜決定されるが、1~50mmであることが好ましい。1mm未満では、電極間の間隔を置いて設置するのに充分でないことがある。50mmを超えると、均一な放電プラズマを発生させにくい。

【0037】本発明のパルス電界について説明する。図1にパルス電圧波形の例を示す。波形(a)、(b)はインパルス型、波形(c)はパルス型、波形(d)は変調型の波形である。図1には電圧印加が正負の繰り返しであるものを挙げたが、正又は負のいずれかの極性側に電圧を印加するタイプのパルスを用いてもよい。また、直流が重畳されたパルス電界を印加してもよい。本発明におけるパルス電界の波形は、ここで挙げた波形に限定されず、さらに、パルス波形、立ち上がり時間、周波数の異なるパルスを用いて変調を行ってもよい。上記のような変調は高速連続表面処理を行うのに適している。

【0038】上記パルス電界の立ち上がり及び／又は立ち下がり時間は、100 $\mu\text{s}$ 以下が好ましい。100 $\mu\text{s}$ を超えると放電状態がアークに移行しやすく不安定なものとなり、パルス電界による高密度プラズマ状態を保持しにくくなる。また、立ち上がり時間及び立ち下がり時間が短いほどプラズマ発生の際のガスの電離が効率よく行われるが、40ns未満の立ち上がり時間のパルス電界を実現することは、実際には困難である。より好ましくは50ns~5 $\mu\text{s}$ である。なお、ここでいう立ち上がり時間とは、電圧変化が連続して正である時間、立ち下がり時間とは、電圧変化が連続して負である時間を指すものとする。

【0039】また、パルス電界の立ち下がり時間も急峻であることが好ましく、立ち上がり時間と同様の100 $\mu\text{s}$ 以下のタイムスケールであることが好ましい。パルス電界発生技術によっても異なるが、立ち上がり時間と立ち下がり時間とが同じ時間に設定できるものが好ましい。

【0040】上記パルス電界の電界強度は、0.5~250kV/cmとなるようにするのが好ましい。電界強度が0.5kV/cm未満であると処理に時間がかかりすぎ、250kV/cmを超えるとアーク放電が発生しやすくなる。

【0041】上記パルス電界の周波数は、0.5~100kHzであることが好ましい。0.5kHz未満であるとプラズマ密度が低いため処理に時間がかかりすぎ、100kHzを超えるとアーク放電が発生しやすくなる。より好ましくは、1~100kHzであり、このような高周波数のパルス電界を印加することにより、処理速度を大きく向上させることができる。

【0042】また、上記パルス電界におけるひとつのパルス継続時間は、1~1000 $\mu\text{s}$ であることが好ましい。1 $\mu\text{s}$ 未満であると放電が不安定なものとなり、1000 $\mu\text{s}$ を超えるとアーク放電に移行しやすくなる。より好ましくは、3~200 $\mu\text{s}$ である。ここで、ひとつのパルス継続時間とは、図1中に例を示してあるが、ON、OFFの繰り返しからなるパルス電界における、ひとつのパルスの連続するON時間を言う。

【0043】本発明のドライエッチングされる被処理基材は、半導体ウェーハ、LCDの各種基板であり、例えば、シリコンウェーハ、GaAsウェーハ、InPウェーハ等が挙げられる。また、半導体ウェーハ上の各種絶縁膜や金属薄膜なども処理の対象となる。

【0044】プラズマを基材に接触させる手段としては、例えば、(1)対向する電極間で発生するプラズマの放電空間内に基材を配置して、基材にプラズマを接触させる方法、及び(2)対向する電極間で発生させたプラズマを放電空間の外に配置された基材に向かって導くようにして接触させる方法(ガン型)がある。

【0045】上記(1)の具体的方法としては、固体誘



電体を被覆した平行平板型電極間に基材を配置し、プラズマと接触させる方法であって、多数の穴を有する上部電極を用い、シャワー状プラズマで処理する方法、フィルム状基材を放電空間内を走行させる方法、一方の電極に吹き出し口ノズルを有する容器状固体誘電体を設け、該ノズルからプラズマを他の電極上に配置した基材に吹き付ける方法等が挙げられる。

【0046】また、上記(2)の具体的方法としては、固体誘電体が延長されてプラズマ誘導ノズルを形成しており、放電空間の外に配置された基材に向けて吹き付け

【0047】これらの中でも、ガス吹き出し口ノズルを有する固体誘電体を通して、対向電極間で発生したプラズマを基材に吹き付ける方法は、被処理体である基材が直接高密度プラズマ空間にさらされることが少なく、基材表面の目的とする箇所にのみにプラズマ状態のガスを運び、ドライエッチング処理を行うことができるので、基材への電氣的熱的負担が軽減された好ましい方法である。

【0048】本発明のドライエッチング方法においては、エッチングされた有機物が基材に再付着しないようにするために、プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気することが必要である。

【0049】また、基材を搬送する手段としては、基材がフィルム状のものであれば、繰り出しロールと巻き取りロールからなる搬送系を用い、枚葉のものであれば、搬送コンベア、搬送ロボット等の搬送系を用いることができる。また、基材が保持されるXYテーブルまたはXYZテーブルを搬送装置に設け、基材の被処理部分にプラズマガスが吹き出されるようにXYテーブルまたはXYZテーブルを移動させる制御装置を備えている装置等が挙げられる。

【0050】本発明のプラズマ処理によるドライエッチング処理は、基材を加熱または冷却して行ってもよく、80～400℃にすることが好ましい。

【0051】本発明のプラズマ処理によるドライエッチング処理においては、処理前の基材表面の酸化防止と処理後の処理面の保護のため、基材や処理面が大気中の湿潤空気やその他の不純物に接触することを防ぐため、不活性ガス雰囲気で行うことが好ましい。

【0052】したがって、本発明の装置は、上記プラズマを基材に接触させてドライエッチング処理する装置に加えて、プラズマと基材との接触部近傍から処理済みガスを排気する機構、さらに好ましくは、プラズマと基材との接触部近傍を不活性ガス雰囲気に保つ機構を付加した装置が必要である。

【0053】本発明において、処理済みガスを排気する方法としては、ガス吹き出し口ノズルの周囲に設けられたガス吸引口を備えてなる排気機構により排気する方法、プラズマ処理装置を収納した容器内を負圧してなる排気機構により排気する方法、吸い込みフード型の排気機構により排気する方法等が挙げられる。

【0054】また、プラズマと基材との接触部近傍を不活性ガス雰囲気に保つ機構としては、不活性ガスによるガスカーテン機構、不活性ガスで満たされた容器中で処理を行う機構等が挙げられる。

【0055】上記不活性ガスによるガスカーテン機構としては、プラズマと基材との接触部近傍の周囲にガス排気機構を有し、その周囲に不活性ガスによるガスカーテン機構を有することにより、プラズマと基材との接触部近傍を不活性ガス雰囲気に保つようにすることができる。

【0056】図で本発明の方法及び装置を具体的に説明する。図2は、ガス吹き出し口を供えた円筒状固体誘電体を用いてプラズマガスを基材に吹き付ける装置と、ガス吹き出し口ノズルの周囲に設けられたドーナツ状のガス吸引口を設けた装置と、基材の搬送機構を備えた装置の一例を示す図である。1は電源、2は外側電極、3は内側電極、4は固体誘電体、5はガス吹き出し口、7は処理ガス導入口、10は排気ガス筒、14は基材、41～43は搬送ベルトをそれぞれ表す。例えば、処理ガスは、白抜き矢印の方向にガス導入口7から筒状の固体誘電体容器内に導入され、筒状固体誘電体容器の外側に配設された電極2と筒状固体誘電体容器内部に配置された内側電極3との間にパルス電界を印加することによって、プラズマとしてガス吹き出し口5から吹き出される。一方、基材14は、最初は搬入ベルト41により運ばれ、次に処理ベルト42によりガス吹き出し口に運ばれ、エッチング処理され、次いで搬出ベルト43で運び出されるという3工程の搬送工程からなっている。エッチング処理済みのガスは、排気ガス筒10より、エッチングされた後の有機物と共に除去され基材に再付着して汚染することがない。搬送ベルトは、送りスピードを任意に調整できるものを用いることにより処理の程度を変更でき、さらに冷却又は加熱機構を付加することもできる。また、筒状固体誘電体からなるノズル体は、必要に応じて、電極間に電圧印加後、予備放電を行い、プラズマが安定するまで基材の外側で待機させるノズル待機機構を具備せることもできるし、X-Y-Z移動機構を具備させて基材上を掃引させることもできる。

【0057】図3は、同軸型円筒ノズルを用い、接触部の周囲にガス排気機構を有し、さらに、該ガス排気機構の周囲にはガスカーテン機構によりプラズマと基材との接触部近傍を不活性ガス雰囲気に保って、プラズマを基材に吹き付ける装置と基材の搬送機構を備えた装置の一例を示す図である。図3において、1は電源、2は外側



電極、3は内側電極、4は固体誘電体、5はガス吹き出し口、6は同軸型円筒ノズルを有するノズル体、7は処理ガス導入口、10は内周排気ガス筒、11は外周排気ガス筒、12は不活性ガス導入口、13は不活性ガス吹き出し細孔、14は基材、41は搬入ベルト、42は処理部ベルト、43は搬出ベルトをそれぞれ表す。

【0058】例えば、処理ガスは、白抜き矢印方向にガス導入口7から筒状の固体誘電体容器内に導入され、筒状固体誘電体容器の外側に配置された電極2と筒状固体誘電体容器内部に配置された内側電極3との間にパルス状電界を印加することによってプラズマガスとして吹き出し口5から吹き出され、内周排気ガス筒10から主に吸引回収される。一方、基材14は、最初は搬入ベルト41により運ばれ、次に処理部ベルト42により搬送されガス吹き出し口からのプラズマガスが吹き付けられ、ドライエッチング処理され、次いで搬出ベルト43で運び出されるという3工程の搬送工程を経て搬送される。また、不活性ガスは、不活性ガス導入口12から導入され、下部にある不活性ガス吹き出し細孔13から搬送される基材14に向けて吹き出され、ガスカーテンの役割をして基材14の雰囲気気を不活性ガス雰囲気気に保つ。不活性ガスは、主に外周排気ガス筒11から回収される。なお、搬送ベルトは、送りスピードを任意に調整できるものを用いることによりドライエッチング処理の制御が可能となる。さらに、処理部ベルトには加熱機構を有するものが好ましい。

【0059】図4は、平行平板対向型長尺ノズルを用い、ガスカーテン機構によりプラズマと基材との接触部近傍を不活性ガス雰囲気中に保つ装置であって、該接触部の周囲にガス排気機構を有し、さらに該ガス排気機構の周囲にはガスカーテン機構を配設した不活性ガスシャワー機能を付加した装置を用いてプラズマを基材に吹き付ける装置と基材の搬送機構を備えた装置の一例を示す図である。1は電源、2は電極、3は電極、4は固体誘電体、5はガス吹き出し口、7は処理ガス導入口、10は内周排気ガス筒、11は外周排気ガス筒、12は不活性ガス導入口、13は不活性ガス吹き出し細孔、14は基材、41は搬入ベルト、42は処理部ベルト、43は搬出ベルトをそれぞれ表す。

【0060】なお、上記不活性ガスシャワー機能を果たす装置としては、その底面が図5、図6のようになっているものが好ましい。

【0061】図5は同軸型円筒ノズルを用いる場合の不活性ガスシャワー装置であって、図3のノズル部分の底面に該当する。プラズマガスは、ガス吹き出し口5から吹き出され、基材をドライエッチング処理した後、内周排気ガス筒10から排出される。また、不活性ガスは、不活性ガスシャワー領域に存在する吹き出し細孔13から吹き出され、主に外周排気ガス筒11から排出される。

【0062】図6は垂直平板型長尺ノズルを用いる場合の不活性ガスシャワー装置であって、図4のノズル部分の底面に該当する。

【0063】本発明において、プラズマと基材との接触部近傍が不活性ガス雰囲気中に保たれているようにする機構として、不活性ガスで満たされた容器中で処理を行う方法としては、図7に示す装置を挙げることができる。

【0064】図7の装置において、不活性ガスで満たされた容器30中でドライエッチング処理を行う。例えば、基材の搬送ロボット20を用いるための搬出入室31及びそのためのシャッター32を備えた不活性ガス容器30に、上記のプラズマと基材との接触部近傍の主要部を収納した装置を用いるのが好ましい。図7において、不活性ガス容器には、矢印方向に不活性ガスを常時供給させるだけで良く、気密性は必要なく、真空ポンプは不要であり、簡単なブロワー型排風機でよく、不活性ガス容器30自体の耐圧性は不要であり、簡単なチャンパーで良い。不活性ガス容器内に収納したドライエッチング処理装置では、X-Y-Z移動機構を備えたプラズマガスノズル体6に白抜き矢印方向から処理ガスを導入させ、基材14に吹き付け、ドライエッチング処理をする。また、排気ガスは排気ガス筒10から排気する。また、基材14は、搬送ロボット20により搬送出入室31内にあるカセット21から出し入れされる。また、ドライエッチング処理後の製品はシャッター32を通して出し入れされる。ここで、プラズマガスノズル体6の細部は、図3に示されるノズル体と同様である。

【0065】さらに、電圧印加開始からプラズマ状態が安定するまでの間は基材に直接プラズマが接触しないようにするため、以下に説明するノズル体待機機構を有する装置が好ましい。

【0066】図8において、処理ガスをノズル体6に導入し、プラズマを発生させ基材14上に吹き付け処理する装置であるが、ノズル体6は、電圧開始から放電状態が安定するまでの間はAの位置で予備放電を行い、放電状態が安定した後に基材14表面をドライエッチング処理すべき箇所Bに移動させてドライエッチング処理を開始する。また、この装置においては、支持台15を取り巻くリング状フード10を設けることにより、処理ガスの排気を行うことができ、さらに、搬送ロボット20を併設することにより、ウェーハカセット21からウェーハ基材14の出し入れを行い、効率的に基材のドライエッチング処理を行うことができる。上記ノズル体待機機構は、ノズル体のX-Y-Z移動装置と併用することができる。また、上記図6に示すように不活性ガスで満たされた容器30に収納することができる。

【0067】本発明のパルス電界を用いた大気圧放電では、全くガス種に依存せず、電極間において直接大気圧下で放電を生じせしめることが可能であり、より単純化された電極構造、放電手順による大気圧プラズマ装置、

及び処理手法でかつ高速処理を実現することができる。  
また、パルス周波数、電圧、電極間隔等のパラメータによりドライエッチング処理に関するパラメータも調整できる。

【0068】本発明のドライエッチング処理方法は、IC回路、太陽電池、液晶ディスプレイのスイッチ素子等、その他の半導体素子の製造にも適用できる。

#### 【0069】

【実施例】本発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明するが、本発明はこれら実施例のみに限定されるものではない。

#### 【0070】実施例1

図3に示す装置を用いて、不活性ガスとして窒素ガスを用いて、排ガスを排気しながら、下記の処理条件でプラズマを発生させ、2インチ(100)シリコンウェハをドライエッチングした。ただし、固体誘電体はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>であり、プラズマ放出孔径を1mm、プラズマ吹き出し口から基材までの距離を2mmとした。

#### 【0071】プラズマ処理条件

処理ガス：酸素0.1SLM+CF<sub>4</sub>0.4SLM+アルゴン9.5SLMの混合ガス

放電条件：波形a、立ち上がり／立ち下がり時間5μs、出力200W、周波数10KHz、処理時間20秒；発生したプラズマは、アーク柱のみられない均一な放電であった。

【0072】得られたシリコンウェハの表面を走査型電子顕微鏡の断面観察から測定したところ、エッチング深さは、0.2μmであった。

#### 【0073】比較例1

真空容器を用い、真空排気後、処理ガスとして、酸素5%+CF<sub>4</sub>95%からなる混合ガスを100sccm導入しながら27Paになるように圧力調整したのち、パルス電界の代わりに周波数12.2KHzのsin波形の電圧を印加し、5分間シリコンウェハの表面処理を行った。得られたシリコンウェハの表面を走査型電子顕微鏡の断面観察から測定したところ、エッチング深さは、0.1μmであった。

#### 【0074】比較例2

処理時間を20秒にした以外は、比較例1と同様にしてシリコンウェハの表面処理を行った。得られたシリコンウェハの表面を走査型電子顕微鏡の断面観察から測定したところ、エッチング深さは、計測できなかった。

#### 【0075】

【発明の効果】本発明のパルス電界を印加するドライエッチング方法によれば、大気圧近傍で、処理ガスのプラ

ズマを基材に接触させて基材の表面のドライエッチングを不活性ガス雰囲気下で行うので、処理工程をより効率的なシステムとすることができ、歩留まり向上に寄与できる。また、本発明の方法は、大気圧下での実施が可能であるので、容易にインライン化でき、本発明の方法を用いることにより処理工程全体の速度低下を防ぐことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のパルス電界の例を示す電圧波形図である。

【図2】本発明のドライエッチング処理装置の例を示す図である。

【図3】本発明のドライエッチング処理装置の例を示す図である。

【図4】本発明のドライエッチング処理装置の例を示す図である。

【図5】本発明で用いる不活性ガスシャワー機能装置の一例の底面図である。

【図6】本発明で用いる不活性ガスシャワー機能装置の一例の底面図である。

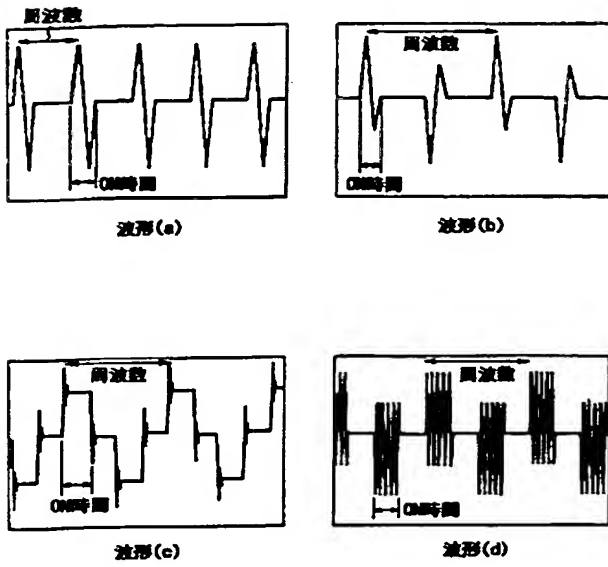
【図7】本発明のドライエッチング処理装置の例を示す図である。

【図8】本発明のドライエッチング処理装置の例を示す図である。

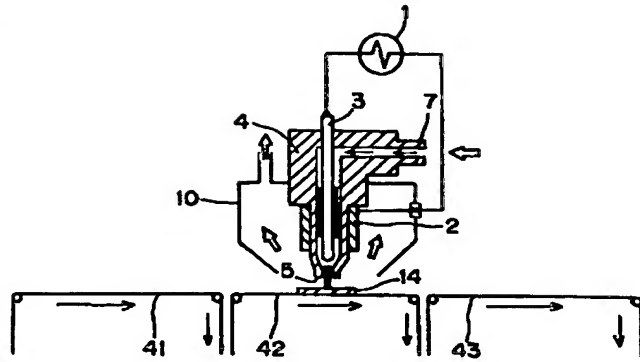
#### 【符号の説明】

- 1 電源（高電圧パルス電源）
- 2、3 電極
- 4 固体誘電体
- 5 ガス吹き出し口
- 6 ノズル体
- 7 ガス導入口
- 10、11 排気ガス筒
- 12 不活性ガス導入口
- 13 不活性ガス吹き出し細孔
- 14 基材
- 15 支持台
- 20 搬送ロボット
- 21 カセット
- 22 アーム
- 30 容器
- 31 搬出入室
- 32 シャッター
- 41 搬入ベルト
- 42 処理部ベルト
- 43 搬出ベルト

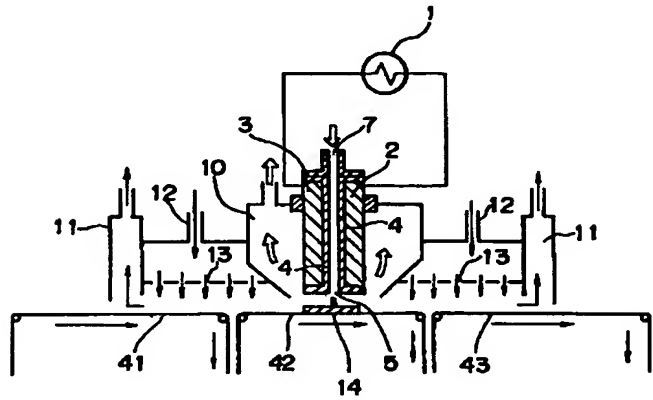
【図1】



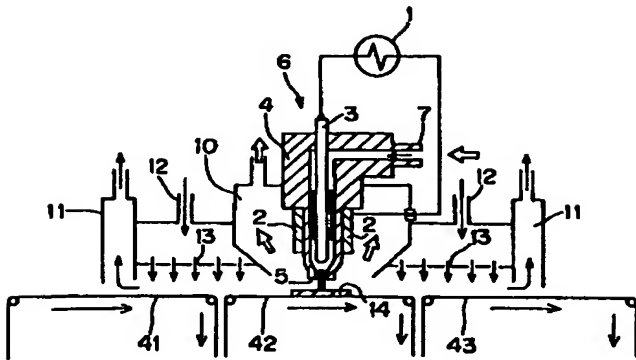
【図2】



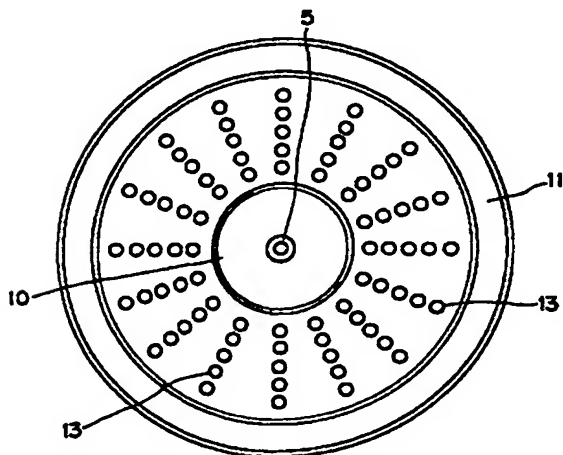
【図4】



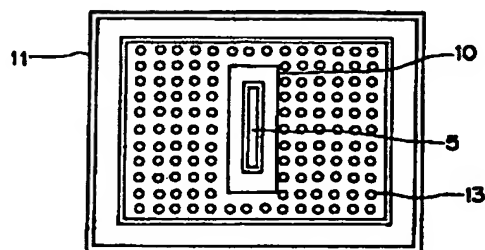
【図3】



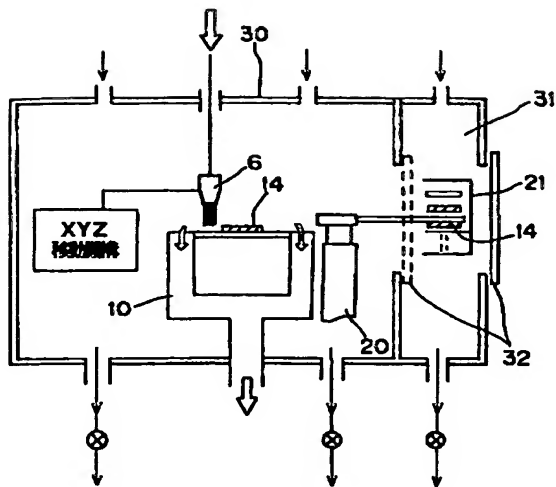
【図5】



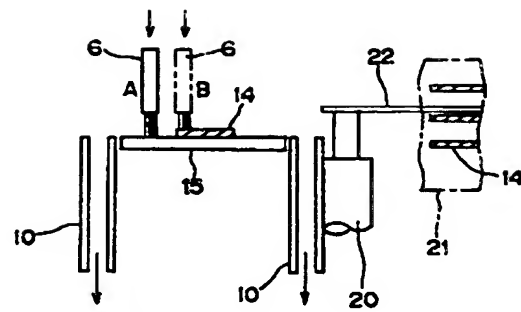
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 湯浅 基和  
大阪府三島郡島本町百山2-1 積水化学  
工業株式会社内

(72)発明者 本間 孝治  
東京都東和市立野2-703 株式会社ケ  
ミトロニクス内

Fターム(参考) 5F004 AA16 BA20 BB11 BB24 BC06  
BC08 CA03 DA00 DA01 DA04  
DA07 DA18 DA22 DA23 DA25  
DA29 DB01 DB20 DB22